



EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Martin Bluum

**ENERGIATARBIMISE TÕHUSTAMISE UURING ELVA
VALLAS MURUMUNA LASTEAIAS**
**ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS FOR THE MURUMUNA
KINDERGARTEN IN ELVA**

Bakalaureusetöö
Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendajad: PhD Alo Allik

MSc Siim Meeliste

Tartu 2021

LÜHIKOKKUVÕTE

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
F. R. Kreutzwaldi 1, Tartu 51006			
Autor: Martin Bluum		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Energiatarbimise tõhustamise uuring Elva vallas Murumuna Lasteaias			
Lehekülgi: 45	Jooniseid: 12	Tabeleid: 9	Lisasid: 8
Osakond / Õppetool: Energiakasutuse õppetool			
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 4. Loodusteadused ja tehnika			
4.17. Energeetikaalased uuringud			
T140 Energeetika			
Juhendaja(d): PhD Alo Allik, MSc Siim Meeliste			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2021			
<p>Antud bakalaureusetöö uurib võimalusi kuidas on võimalik vähendada energiakulusid Elva vallas Murumuna lasteaias võimalikult odavalt. Töö on jaotatud neljaks osaks. Esimeses osas annab autor ülevaate ülemaailmsest energiatarbimisest ja tootmisest. Teises osas tutvustatakse erinevate klassifikatsioonidega hooneid. Kolmandas osas tutvustatakse hoone ehitust ja üldist energiatarbimist kogutud andmete põhjal. Neljandas osas pakutakse välja potentsiaalsed lahendused vähendamaks energiakulusid, tehes hoone energiatõhusamaks.</p>			
Märksõnad: energiakasutus, energiasääst, energiatõhusus, elekter, soojus			

ABSTRACT

Estonian University of Life Sciences F. R. Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Martin Bluum		Curriculum: Engineering	
Title: Energy Consumption Analysis for the Murumuna Kindergarten in Elva			
Pages: 45	Figures: 12	Tables: 9	Appendixes: 8
Department / Chair: Chair of Energy Application Engineering Field of research and (CERC S) code: 4. Natural Sciences and Engineering 4.17. Energetic research T140 Energy research Supervisors: PhD Alo Allik, MSc Siim Meeliste Place and date: Tartu 2021			
<i>This Bachelor's Thesis investigates the possibilities of reducing energy costs fairly cheap in Murumuna kindergarten in Elva municipality. The work is divided into four parts. In the first part the author gives an overview of the global energy consumption and production. The second part introduces buildings with different classifications. The third part presents the construction and the overall energy consumption based on the collected data. The fourth part proposes potential solutions to reduce energy costs by making the building more energy efficient.</i>			
Keywords: energy application, energy efficiency, electricity			

SISUKORD

TÄHISED JA LÜHENDID.....	6
SISSEJUHATUS.....	7
1. ENERGIATARBIMINE JA TOOTMINE.....	8
1.1. Energiatarbimine maailmas.....	8
1.2. Elektrienergia tootmine ja tarbimine Eestis	9
1.3. Elektri hinna mõjurid	11
2. ERINEVATE HOONETE ENERGIATÕHUSUS.....	12
2.1. Hoonete energiatõhusus ja miinimumnõuded	12
2.2. Energiatõhusate hoonete klassifitseerimine	13
2.2.1. Madalenergiahoone	13
2.2.2. Passiivmaja.....	14
2.2.3. Liginullenergiahoone	15
2.2.4. Netonullenergiahoone	16
3. UURITAVA HOONE ANALÜÜS JA MEETODID.....	18
3.1. Andmete kogumise meetodid.....	18
3.2. Hoone üldiseloostus	19
3.3. Hoone energiatarve aastas	21
3.3.1. Üldine elektritarbimine	21
3.3.2. Elektritarbimine köögis	23
3.3.3. Põrandakütte elektritarbimine	24
3.3.4. Boilerite elektritarbimine	25
3.3.5. Soojusenergia tarbimine	26
3.4. Hoone energiatarbimise tulemuste analüüs	28
4. ENERGIASÄÄSTU LAHENDUSED	29
4.1. Põrandakütte termostaadi võimalus.....	29
4.2. Ventilatsioonisüsteemi töö reguleerimine	31
4.3. Elektri boilerid	32
KOKKUVÕTE.....	33
KIRJANDUS.....	34
LISAD	37
Lisa 1. Uue hoone esimese korruse asendiplaan	38
Lisa 2. Uue hoone teise korruse asendiplaan	39
Lisa 3. Seinade materjalide andmed	40
Lisa 4. Köögi, põrandakütte ja boilerite elektritarbimise kogused.....	41

Lisa 5. Põrandakütte elektritarbimine aasta 2020 jooksul.....	42
Lisa 6. Ventilatsiooniseadme SV-1 programmeerimine uutele aegadele.....	43
Lisa 7. Ventilatsiooniseadme SV-1 programmeerimine uutele aegadele.....	44
Lisa 8. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	45

TÄHISED JA LÜHENDID

d	- materjali paksus m
E _{el}	- aasta jooksul tarbitud elektrienergia hulk kWh
E _N	- normaalaasta elektritarbimine kWh
E _{sj}	- tarbitud soojusenergia kWh
E _T	- tegeliku aasta elektritarbimine kWh
ETA	- energiatõhususarv $\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$
KEK	- kaalutud energiatõhususarv $\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$
LED	- <i>light-emitting diod</i> ehk valgusdiodlamp
Mtõe	- nafta ekvivalent miljonites tonnides
Q ₁	- elektrienergiakulu ruutmeetri kohta aastas $\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$
Q ₂	- soojusenergia hulk aastas ruutmeetri kohta $\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$
R	- materjali soojustakistus $\frac{m^2 \cdot K}{W}$
S	- pindala m ²
S _N	- normaalaasta kraadpäevade arv
S _{teg}	- tegeliku aasta kraadpäevade arv
U	- soojusläbikanne $\frac{m^2 \cdot K}{W}$
λ	- soojusjuhtivustegur materjalil $\frac{m^2 \cdot K}{W}$

SISSEJUHATUS

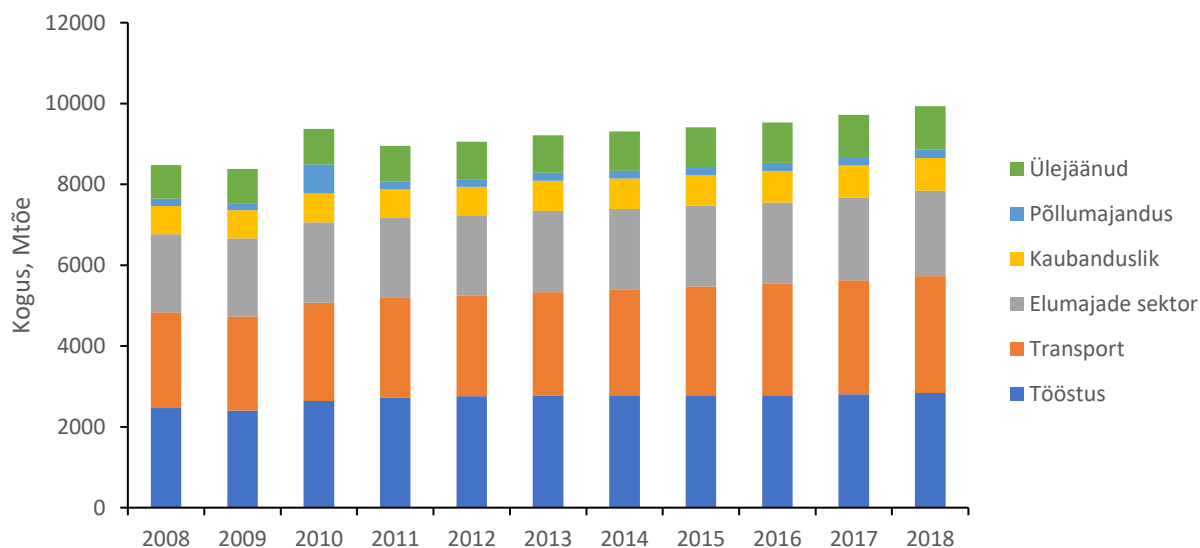
Energia kokkuhoidmine ja sisekliima parandamine on 21. sajandil vägagi aktuaalne teema. Et olukorda parandada, võiks alustada hoonete analüüsimisest tuginedes kogutud andmetele ja mõõtmistele. Saades teada hoone energeetiline olukord, võib välja pakkuda võimalikud parandusmeetmed tõhustamaks energiakasutust hoones. Aastal 2019 läbiviidud energiaaudit analüüsis Murumuna lasteaia energiakasutust ja leidis, et energiatarbimine hoone kohta on suurem kui ta peaks olema. Antud töös uuribki autor võimalikke lahendusi energia säästmiseks võimalikult odavatel viisidel. Kuna andmeid soojustarbimise kohta oli vähe, siis töö fookus on rohkem elektritarbimise vähendamisel.

Et anda ülevaade antud teemale, vaatame esimeses osas ülemaailmset kui ka Eesti energiatarbimist ja tootmist. Teises osas tutvustatakse erinevate klassifikatsioonidega hooneid. Kolmandas osas tutvustatakse hoone ehitust ja üldist energiatarbimist kogutud andmete põhjal Neljandas osas pakutakse välja potentsiaalsed lahendused vähendamaks energiakulusid, tehes hoone energiatõhusamaks.

1. ENERGIATARBIMINE JA TOOTMINE

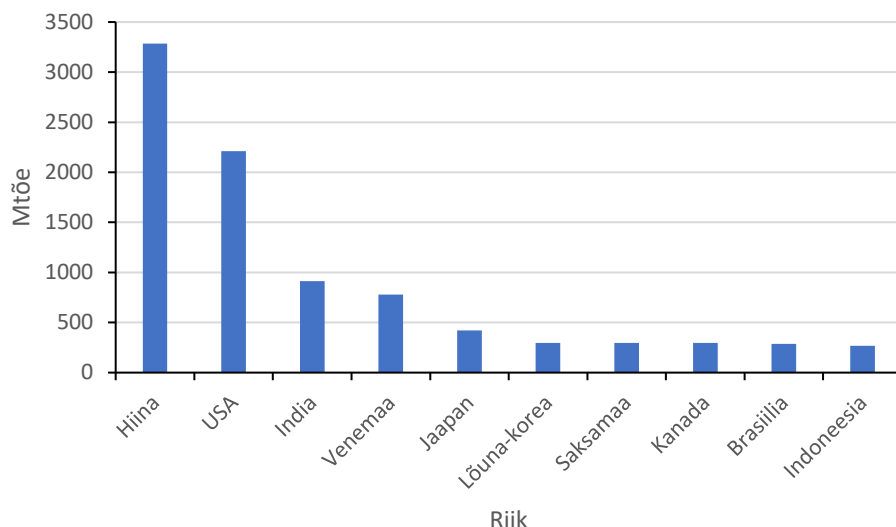
1.1. Energiatarbimine maailmas

Energiatarbimine maailmas jaguneb tööstuse, transpordi, elumajade, kaubanduse, põllumajanduse ning ülejäänu sektorite vahel (vaata joonis 1.1.). Antud töös uuritav objekt langeb elumajade sektori alla, mis moodustab tervikust lausa 21%. Aastal 2018 toodeti maailmas 14 421 Mtõe energiat, mis on 3,2% rohkem 2017 aastal toodetust. Võrreldes aastatega 1971 ja 2018 on energiatarbimine tõusnud 2,6 korda (5519 Mtõe kuni 14282 Mtõe). Aastal 2018 peamisteks energia saamise liikideks olid kivisüsi, õli produktid, naturaalne gaas, biokütused ja jäätmed, elektrienergia ja soojus [1].



Joonis 1.1. Nafta kasutamine maailmas sektorite kaupa ajavahemikus 2008-2018 [1].

Peamine elektri tootmine käis aastal 2018 ikkagi kivisöest, koguni kuni 38%. Kivisöele järgneb taastuvenergia, mis teeb tervikust 26% [2]. Euroopa direktiivi järgi on eesmärgiks võetud 2030. aastaks 32% taastuvenergia osakaal [3]. Kõige suurimad energiatarbijad kahanevas järjekorras on Hiina, USA, India, Venemaa, Jaapan, Saksamaa, Lõuna-Korea, Kanada, Brasiilia, Indoneesia [4]

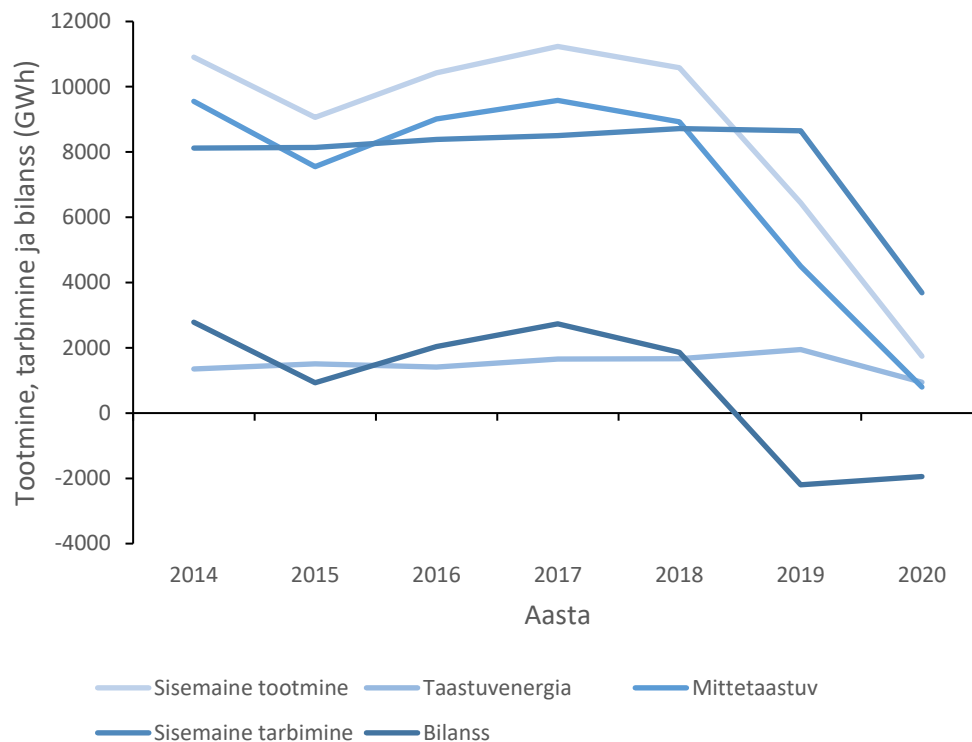


Joonis 1.2. Nafta kasutamine miljonites tonnides riigi kohta.

1.2. Elektrienergia tootmine ja tarbimine Eestis

Eestis toodetav energia on vajalik tavainimesele igapäevases elus, et oleksid kodud ja majad soojas, tänavad valgustatud ja et autod liiguksid. Suurem osa energiast toodetakse soojuselektrijaamades siiski veel taastumatutest loodusvarudest, nagu selleks on Eestil põlevkivi. Nagu ka kogu maailmas, siis ka Eestis pööratakse tähelepanu taastuvenergia tootmisele ja kasutamisele ka nii, et loodusvarasid jätkuks järgnevatele põlvetele. Tulevikumajanduse ja looduse heaolu arenguks on oluline taastuvenergiale üleminek [5].

Valdav enamus elektrienergiat toodetakse põlevkivist soojuselektrijaamades Narvas. Nendest suuremad Eesti, Balti ja Aumere elektrijaamad, mille installeeritud netovõimsus on kokku 1977MW [6][7]. Kuna elektri tootmisel on põlevkivi keskkonda reostav materjal, siis statistika näitab, et Eesti on minemas edasi keskkonnasõbralikumale tootmisele. Kui 2018. aastal toodeti 76% elektrist põlevkivist, siis 2019. aastal vaid 57% ja tänaseks on langenud 73% võrreldes aastaga 2017. [9][10]. Selle peamine põhjus on kallimaks muutunud CO₂ kvoot. Suurema tootmise korral saab läbi Estlink 1 ja Estlink 2 elektrikaablite eksportida elektrienergiat põhjamaadesse. Suuresti eksporditakse elektrienergiat ka baltimaadesse [8].



Joonis 1.3. Eesti elektribilanss, tootmine (taastuv ja mittetaastuv) ja tarbimine aastatel 2014-2020, gigavatt-tundides [11].

Soojuselektrijaamad pole ainukesed elektrienergia tootjad Eestis. Teisel kohal on suurenev taastuenergia toodang, mis moodustas 2020. aastal 2,2 TWh. See on 14% rohkem kui aastal 2019 [10]. Taastuenergia moodustavad tuuleenergia, päikeseenergia, jäätmeenergia ja hüdroenergia. Tuuleenergia assotsiatsiooni andmetel on praeguse seisuga eestis installeeritud tuuleparkide võimsuseks 309,96 MW, nendest suurim Aulepa tuulepark koguvõimsusega 48 MW. Aulepa tuulepargi aastatoodang on kokku ligikaudu 80 gigavatt-tundi elektrit, millega saab katta rohkem kui 26 600 kodumajapidamise aastase elektrivajaduse. Kuna elektrivõrk lubab endaga liita ainult teatud hulga elektrituulikuid, siis see piirab kasutamist. Muidugi ei taga tuuleenergia ka stabiilset elektriga varustatust [12]. Päikeseenergiat toodeti 2019. aastal võrku 54 GWh. Kasvutrendile viitab fakt, et võrguga liitus 2019. aastal 78,72 MW uusi päikeseelektri tootmisüksusi. Hüdroelektrit toodeti kokku 22 GWh ning biogaasil töötavatest koostootmisjaamades toodeti 40 GWh elektrienergiat [13].

Väliskeskkonna mõjude tagajärg kujundab elektrienergia tarbimise. Aastal 2020 kujunes tarbimismahuks 6766 GWh, mis on kolm protsenti vähem võrreldes aastaga 2019. Soojemast ilmast ja koroonakriisist tingituna oli tarbimine märkimisväärselt väiksem [14].

1.3. Elektri hinna mõjurid

Täna on Eestil elektriühendused Soome, Läti kui ka Venemaaga. Tänu elektriturule olemasolevusele tekib hind nõudluse ja pakkumise suhtena turul. Suurenev konkurents tagab tarbijale parima elektri hinna. Kuna tootmine ja tarbimine käib reaajas, siis tuleb teha otsuseid teha kiirelt ja targalt. Elektri hinna mõjurid kajastuvad joonisel 1.4.



Joonis 1.4. Elektri hinna mõjurid Eestis [15].

Elektrihinda mõjutab otseselt kliima ja geograafiline asukoht. Põhjamaade tarbimine on suurem külmematel temperatuuridel, kuna suurem osa elektrienergiast kasutatakse ära hoonete kütmisel. Lõunapool on olukord aga vastupidine, kuna elektritarbimine tõuseb hoonete jahutamiseks. Kliima mõjutab otseselt ka taastuvenergia seadmeid, milleks on näiteks päikesepaneelid, tuulegeneraatorid ja hüdroelektrijaamad. Lõpphinna kujunemisel mängib olulist rolli ka tooraine hind. Tuleks arvesse võtta ka täiendavad tasud, mida peavad primaarkütuse tootjad maksma (nt jäätmete tasu). Peamine tegur, mis hinda mõjutab, on piisavate tootmisvõimsuste ja elektriühenduste olemasolu [15].

2. ERINEVATE HOONETE ENERGIATÕHUSUS

2.1. Hoonete energiatõhusus ja miinimumnõuded

Käesoleva töö autor arvab, et energiatarbimise vähendamiseks on oluline üle vaadata ehitiste ja hoonete energiatarbimised. Vähendades hoone energiakulu, tuleb selleks ka vähem elektrienergiat toota tootmisjaamade poolt. Siinkohal tuleks mõelda mitte ainult küttekulule vaid ka hoone valgustusele, ventilatsioonile ja muudele tehnolahendustele. Energiatõhusal majal on eelnimetule ka hea soojustus välisseintes, soojapidavad aknad ja kütte- kui ka jahutusvajadust on vähendatud passiivsete meetmetega [16].

Energiatõhususe hindajaks on energiamärgis. Energiamärgis on majandus- ja taristuministri poolt väljastatud dokument, mis näitab hoone energia tarbimist köetava pinna ruutmeetri kohta. Energiamärgis peab olema kõikidel hoonetel, sealhulgas korteritel. Ka uutel hoonetel, mille projekteerimist alustati 2009. aastal või hiljem peab hoone vastama energiatõhususe miinimumnõuetele. Energiamärgisteks on tähed A-st kuni H-ni, A kõige säästlikum ja H kõige mittesäästlikum [17]. Iga viie aasta tagant energiatõhususe nõuded vaadatakse üle ja tehakse täpsustusi, mis üldjoontes ainult karmistuvad [16].

Tabel 2.1. Koolieelse lasteasutuse hoone energiatõhususarvu (ETA) või kaalutud energiakasutuse (KEK) klassi skaala [18]

ETA või KEK, kWh/(m ² a)	Klass
ETA või KEK ≤ 100	A
101 ≤ ETA või KEK ≤ 120	B
121 ≤ ETA või KEK ≤ 165	C
166 ≤ ETA või KEK ≤ 220	D
221 ≤ ETA või KEK ≤ 280	E
281 ≤ ETA või KEK ≤ 360	F
361 ≤ ETA või KEK ≤ 460	G
ETA või KEK ≥ 461	H

Energiatõhususe miinimumnõuded on järgimiseks hoone olulisel rekonstrueerimisel või siis püstitamisel. Hoone projekteerimisel hinnatakse ehitusprojekti vastavust nõuetele.

Energiatõhususe miinimumnõudeid peavad järgima:

- 1) korterelamud;
- 2) väikeelamud;
- 3) büroohooned, raamatukogud ja teadushooned;
- 4) ärihooned;
- 5) avalikud hooned;
- 6) kaubandushooned ja terminalid;
- 7) haridushooned;
- 8) koolieelsed lasteasutused;
- 9) tervishoiuhooned [17].

2.2. Energiatõhusate hoonete klassifitseerimine

2.2.1. Madalenergiahoone

Madalenergiahoone on mõtestatud kui energiatõhusate ja tihti taastuvenergiatehnoloogia lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone. Hoone puhul ei eeldata, et oleks olemas lokaalne elektritootmine taastuvast energiaallikast [18]. Madalenergiahoone kavandamisel oleks vajalik jälgida: 1) väikest hoone välispiirete soojuserikadu köetava pinna kohta, 2) otstarbekas vabasoojuse kasutamine, 3) tehnosüsteemid oleksid hoones energiatõhusad, 4) hoone primaarenergiakasutus oleks väike, st hoonesse tarnitaks väiksema keskkonnamõjuga energiat [20].

Tabel 2.2. Madalenergiahoone energiatarvete piirväärtused [19,21]

Hoone	kWh/(m ² a)
Väikeelamu kütava pinnaga < 120 m ²	165
Väikeelamu kütava pinnaga 120–220 m ² ja ridaelamu	140
Väikeelamu kütava pinnaga > 220 m ²	120
Korterelamu	125
Kasarmu	200
Kontorihoone	130
Majutushoone	170
Ärihoone	150
Avalik hoone	160
Kaubandushoone ja terminal	190
Haridushoone	120
Koolieelse lasteasutuse hoone	120
Ravihoone	130
Laohoone	80
Tööstushoone	140
Suure energiatarbega hoone	850

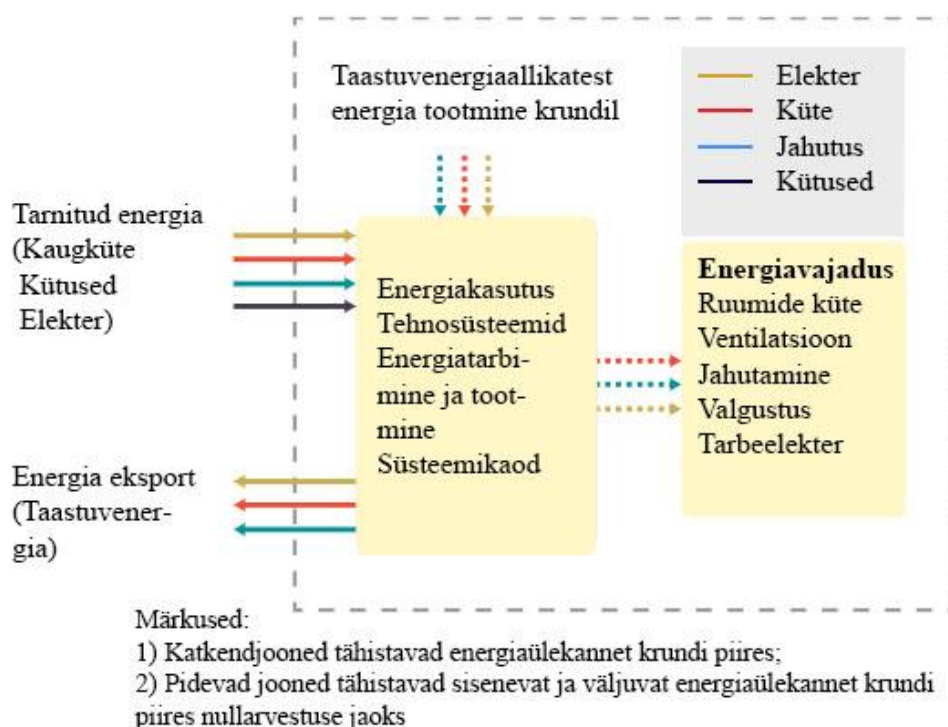
2.2.2. Passiivmaja

Passiivmajal saavutatakse madal energiakulu hoone põhjaliku soojustamisega ja kvaliteetse ventilatsioonisüsteemiga. Keskendutakse võimalikult vähe ruumi kütmisele katla või küttesüsteemiga. Selle probleemi lahendab inimeste kehasoojuse või päikesepaneelide poolt toodetud energiaga. Võrreldes tavaliste majadega, tarbib passiivmaja kuni 90% vähem energiat. Kuna passiivmaja on põhjalikult soojustatud, siis on ta ka 20 korda õhukindlam tavalisest majast [22]. Maksimaalselt võib hoone kütteenergiavajadus ja jahutusvajadus olla 15 kWh/m²a või 10 W/m²a. Elektrienergia tarbimine kokku primaarenergia näitajana on kuni 120 kWh/m²a. 50 Pa rõhuerinevuse korral on hoone õhupidamiseks 0,6 h⁻¹ (korda tunnis)[24].

Passiivmaja miinimumnõuded ei kajastu „Hoone energiatarvete miinimumnõuded“ dokumendis. See on just sellepärast, et eesti kliimas on passiivmaja kasutegur niivõrd palju väiksem. Eesti kliima on sedavõrd külmem, et sissepuhkeõhu soojendamine ei tagaks ruumide soojust, mida soovitaks [23]. Ei ole välistatud fakt, et passiivmaja saab kasutada väga erineva kliimaga valdkondades, kuid sama tulemuse saavutamiseks külmemates kliimavöötmes tuleb hoone lahenduste eest maksta tunduvalt suurem.

2.2.3. Liginullenergiahoone

Liginullenergiahoone puhul on tegemist energiatõhusa hoonega, mille tegelik aastane energiavarustus on väiksem või võrdne kohapeal eksporditava taastuvenergiaga. Võrreldes madalenergiahoonega on liginullenergiahoone ühendatud energiavõrkudega kas siis elektrivõrguga või gaasivõrguga. Liginullenergiahoonetel on mitmeid pikaajalisi eeliseid, sealhulgas väiksem keskkonnamõju, madalamad hoolduskulud, parem vastupidavus elektrikatkestustele ja loodusõnnetustele ning parem energiajulgeolek [25].



Joonis 2.1. Energiaülekanne nullenergia arvestuse jaoks [25].

Primaarenergiabilanssi käsitletakse liginullenergiahoones aasta arvestuses. Kuna talvel on kliima külmem, siis võib primaarenergiatarve olla taastuvenergiaallikatest toodetud primaarenergiast suurem. Suvel aga tarnitakse elektrivõrku tarbitust rohkem primaarenergiat. Aasta arvestuses on liginullenergiahoone primaarenergiabilanss positiivne, mis tähendab, et aastane summaarne tarnitud energia on toodedust suurem. Kohapeal toodetud taastuvelektrienergia ülejääk on võimalik tarnida (müüa) elektrivõrku [20].

Tabel 1.3. Liginullenergiahoonete energiatõhususarvude piirväärtused [19,21]

Hoone	kWh/(m ² a)
Väikeelamu köetava pinnaga < 120 m ²	165
Väikeelamu köetava pinnaga 120–220 m ² ja ridaelamu	140
Väikeelamu köetava pinnaga > 220 m ²	120
Korterelamu	125
Kasarmu	200
Kontorihoone	130
Majutushoone	170
Ärihoone	150
Avalik hoone	160
Kaubandushoone ja terminal	190
Haridushoone	120
Koolieelse lasteasutuse hoone	120
Ravihoone	130
Laohoone	80
Tööstushoone	140
Suure energiatarbega hoone	850

Tallina Tehnikaülikooli energiatõhususe ja sisekliima professor Jarek Kurnitski sõnul Eesti puhul pole võimalik energiatarbimisega liginullenergiahoone puhul nulli jõuda : *“Meil kehtestatud definitsiooni järgi pole aga võimalik praegu nulli jõuda, sest hetkel kehtiv metoodika ütleb, et päikesepaneelide toodangust võetakse arvesse ainult see osa, mis hoones ära tarbitakse, ja see osa, mis võrku tagasi müüakse, arvesse ei lähe,”*. Nulli jõudmiseks on Kurnitski sõnul vaja salvestada toodetud energia, kuid sellised lahendused muutuvad liiga kalliks ning elektrivõrgu teenustest loobumine poleks tõhus [23].

2.2.4. Netonullenergiahoone

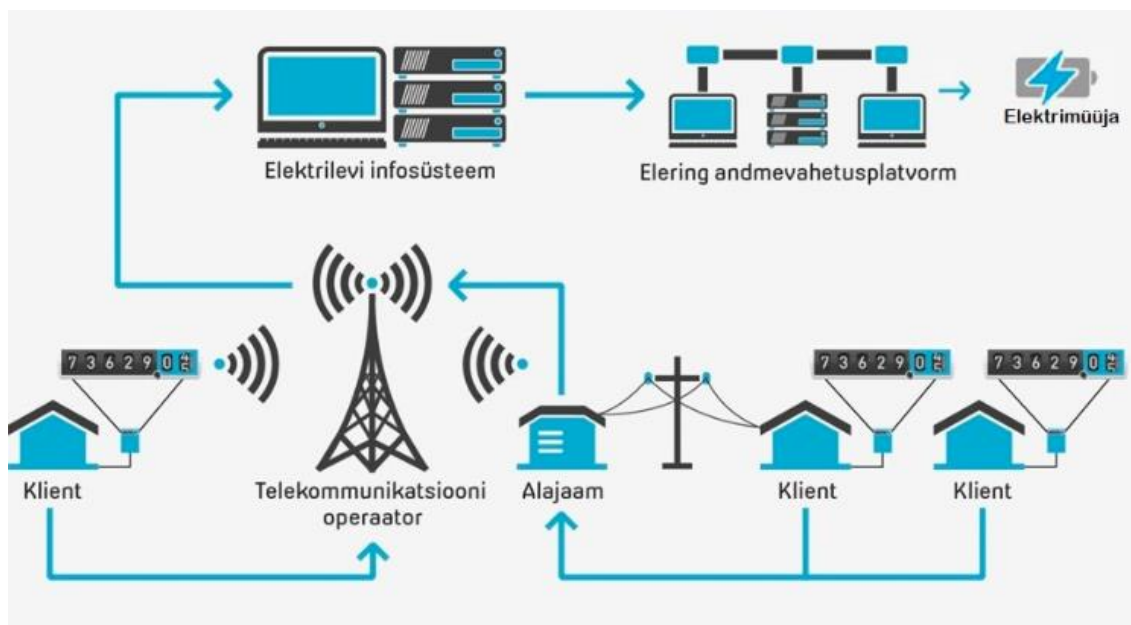
Netonullenergiahoone on oluliselt vähenenud energiavajadusega hoone, milles on tõhusust suurendatud nii, et energiavajaduse tasakaalu saab tagatud taastuvenergia tehnoloogiatega. Et hoone klassifitseeruks netonullenergiahoonena, peavad taastuvenergia tehnoloogiad (nt. Päikesepaneelid) suutma toota nii palju elektrit, kui aastaga ära tarbitakse. Juhul kui toodetud energiat ei suudeta ära tarbida, saab seda müüa otse elektrivõrku. Olukorras, kus turg ei võimalda või ei vaja antud energiat, oleks vaja energiat salvestada. Kliimaolustike kiiretel muutustel või energiasalvestustehnoloogiate puudumisel võib netonullenergiahoonest saada liginullenergiahoone [26].

Põhjamaade külma kliima tõttu on netonullenergia hooned haruldased või hoopiski väga kallid. Aastal 2020 teostati Soomes uuring ühest netonullenergiahoonest. Majas elas kaks inimest ja andmeid koguti kolme aasta vältel (aastatel 2017-2019). Energiatarbimine kolme aasta jooksul kokku oli -46 kWh/m^2 . See tähendab, et toodeti energiat rohkem, kui ära kasutati. Sel ajaperioodil klassifitseerus hoone isegi plussenergiahoonena. See kõik saavutati väikeste nüanssidega maja projekteerimisel. Nimelt oli maja ehitamisel kaks kriteerumit. Esiteks pidid kõik korstna- ja ventilatsiooniavad positsioneerima katuse põhjapoolsema osas, et lõunapoolses osas saaksid paikneda päikesepaneelid. Teiseks pidid kõik kaminad ja ahjud pidid olema korstna lähedal. Katustel on kokku 82 päikesepaneeli 26 kraadise nurga all. Seinad on 275mm tihedusega puidust, 400mm tihedusega betoonist ja 130mm läbimõõduga polüstüreen isolatsiooniga. Põhiliseks soojustootmiseks valiti maasoojuspump ja toetavaks valikuks puuahi, sest viimane ei kasuta elektrit. Kuna suur protsent soojuskadu tuleneb just õhu sundäratõmbega, siis valiti soojustagastusega ventilatsioon. Elektri kokkuhoiuks paigaldati LED lambid ja valiti A+++ energiatõhususklassiga nõudepesumasin, A++ külmkapp ja A-klassi ahi. Elektripaneelide koguvõimsuseks sai 21,1 kW. Uuringu põhjal võib järeldada, et netonullenergiahoone ehitamine põhjamaistes tingimustes on võimalik [27].

3. UURITAVA HOONE ANALÜÜS JA MEETODID

3.1. Andmete kogumise meetodid

Energiatarbimise andmed on saadud arvestitelt, mis on saadud kätte kauglugemise teel läbi võrgu teenuse pakkuja. Tarbimise näidud jõuavad võrguettevõtjale automaatselt ja kuni tunnitäpsusega. Elektritarbimise ja soojustarbimise info on saadud mööda samu elektriliine, mille kaudu elekter hoonesse jõuab. Andmeid on töödeldud tabelarvutusprogrammis Microsoft Excel. Reaalajas tunnitäpsusega kogunevaid andmeid jälgiti antud töös Fis Ecoscada veebikeskkonnas, kus sai autor võrrelda energiakasutamist rühmaruumides, köögis, boilerites. Siinkohal on tegemist veebikeskkonnaga, kus tarbija saab näha andmeid reaalajas, ilma et, peaks küsima teenuse pakkujalt. Võimalik on Fis Ecoscadas uurida ka sisekliima andmeid ruumides süsihappegaasi, temperatuuri niiskuse näitel. Ecoscada abil sai näha otsest mõju energiatarbimisele, kui tehti muudatusi energiasäästmiseks.



Joonis 3.1. Arvesti mõõtude jõudmise süsteem võrguettevõtjale [29].

Uue hoone osa info saadi Elva linnavalitsuse poolt tellitud jooniselt, mis saadeti AutoCADis. Joonised kajastuvad lisades 1, 2 ja 3. Vana hoone kohta info on võetud ehitisregistri veebilehelt.

3.2. Hoone üldiseloomustus

Elva lasteaed Murumuna asub aadressil Kesk tn 29, Elva linnas, Tartu maakonnas. Hoone koosneb kahest osast, vanemast mis on ehitatud aastal 1957 ja uuemast, mis valmis aastal 2009. Nii vana kui uus hoone on ühendatud galeriiga. Kõetavat pinda on hoones 1937,1 m². Uue osa esimese korruse suuruseks on 587,33 m² ja teise korruse suuruseks 503,39 m², mis teeb kokku 1090,72 m². Esimesel korrusel on kokku 27 ruumi, millest suuremad on saal (192,15 m²), fuajee (69 m²) ja köök (46,78 m²). Teisel korrusel on ruumide arvuks 21 ja suurimad neist on mänguruumid suurustega 76,22 m² ja 69,46 m². Vana osa suuruseks on 799,8 m². Seal asuvad ülemisel kui alumisel korrusel lasteaia rühmaruumid.



Joonis 3.2. Satelliitpilt Murumuna kompleksist (lõunapool vanem ehitis ja põhjapool uuem) [28].

Hoone soojusvarustuse liigiks on kaugküte. Katlamajas toodetud kuum vesi kantakse läbi torustiku hoone soojussõlmeni, kus siis toimub vee reguleerimine vastavalt kütmisvajadustele. Paigaldatud on termostaatventiilidega radiaatorid. Katla energiaallikaks kasutatakse puitu, turvast, briketti, puitgraanuleid või saepuru. Soe vesi valmistatakse uues

osas tsentraalselt soojussõlmes ja vanas osas elektriboileritega. Hoone mõlemas osas on kasutusel soojustagastusega ventilatsioon, igal korral oma ventilatsiooniseade.

Hoone välisein on laotud Fibo 3 250 mm plokkidest, mis on soojustatud vahtpolüstüreeniga EPS60F paksusega 150 mm. Materjalide soojusjuhtivustegurid on välja toodud tabelis 3.1.

Tabel 3.1. Seina materjalide soojusjuhtivustegurid [30,31]

Materjal	Soojusjuhtivustegur, $\frac{W}{m \cdot K}$
FIBO 3 250 mm	0,20
EPS60F 150 mm	0,040

Materjalide soojustakistused on leitavad valemiga 3.1. [31]:

$$R = \frac{d}{\lambda}, \quad (3.1.)$$

kus R on materjali soojustakistus $\frac{m^2 \cdot K}{W}$

d - materjali paksus m;

λ - materjali soojusjuhtivustegur $\frac{W}{m \cdot K}$.

Soojustakistus kogu seinale leitakse valemiga 3.2 [32]:

$$R = \frac{0,25}{0,20} + \frac{0,15}{0,040} = 5 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad (3.2)$$

Soojuslähivus kogus seinas leitakse soojustakistuse pöördväärtusest valemiga 3.3 [32]:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{5} = 0,2 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad (3.3)$$

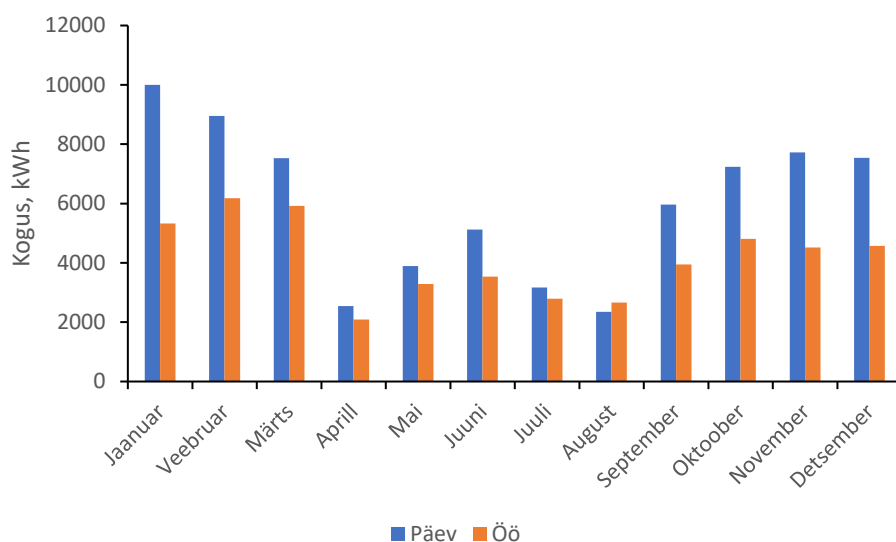
kus U on soojuslähivus $\frac{W}{m^2 \cdot K}$.

Arvutuste käigus selgub, et hoone välisseinte soojuslähivus on $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Arvesse ei võetud õhekrohv, kuna pole täpselt teada, missugust kasutati. Üldkokkuvõttes ei tohiks see oluliselt soojuslähivuse numbrit muuta.

3.3. Hoone energiatarve aastas

3.3.1. Üldine elektritarbimine

Antud töö elektrienergia tarbimise andmed on saadud Elektrilevilt kuni tunni täpsusega. Täpsemat elektritarbimist analüüsiti Fis Ecoscada veebikeskkonnas, kus on võimalik näha reaajas tarbimist rühmaruumides, boilerites, põrandaküttes ja köögis.



Joonis 3.3. Elektrienergia tarbimine aasta 2020 vältel.

Joonis 3.3. näitab, et aasta 2020 jooksul toimus kõige suurem elektritarbimine jaanuaris. Jaanuaris tarbitav kogus oli koguni 15324 kWh. Kõige vähem tarbiti aprillis, kus energia hulgaks oli 4632 kWh. Suvine tarbimine on väiksem, kui seda on talvistel kuudel. Jooniselt on näha, et tarbimine päeval on märgatavalt suurem, kui seda on öistes tingimustes. Kokku tarbiti aastal 2020 elektrienergiat 121658,1 kWh. Hoone elektrienergia kulu aastas ühe ruutmeetri kohta saab välja arvutada valemiga 3.4.

$$Q_1 = \frac{E_{el}}{S} = \frac{121658,1}{1937,1} = 62,8 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}}, \quad (3.4)$$

kus Q_1 on elektrienergiakulu ruutmeetri kohta aastas kWh/(m²·a):

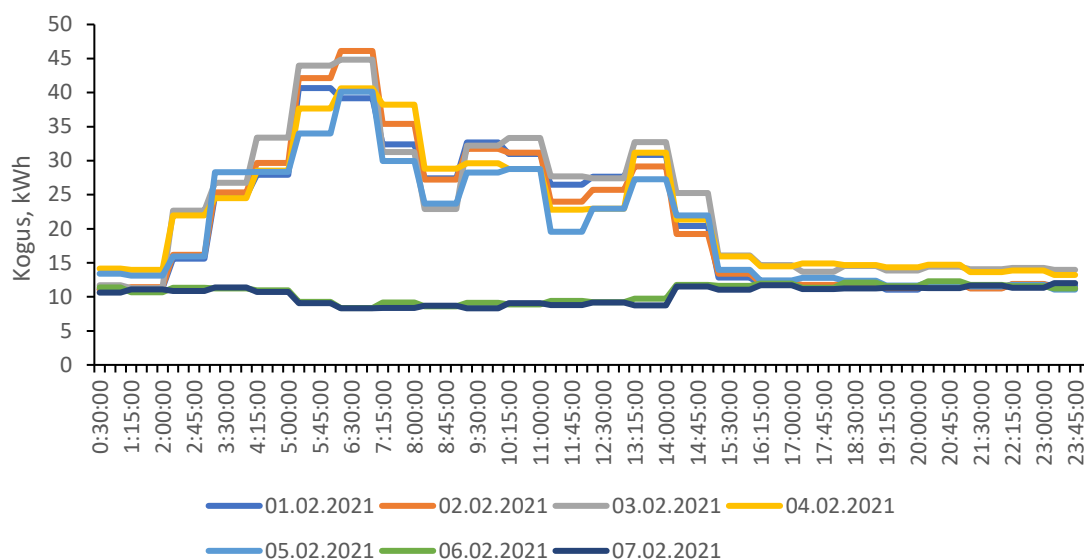
E_{el} - aasta jooksul tarbitud elektrienergia hulk kWh;

S - hoone pindala m².

Tabel 3.2. Hoone aasta 2020 elektritarbimise näidud koos maksumusega

Kuu	Kogus, kWh	Maksumus, €	Päev		Öö	
			Kogus, kWh	Koguhind, €	Kogus, kWh	Koguhind, €
Jaanuar	15324,06	1839	10000,2	1200	5323,86	639
Veebruar	15128,13	1815	8952,8	1074	6175,33	741
Märts	13448,31	1614	7531,11	904	5917,2	710
Aprill	4632,53	556	2540,53	305	2092	251
Mai	7178,92	861	3896,06	468	3282,86	394
Juuni	8658,13	1039	5122,72	615	3535,41	424
Juuli	5966,92	716	3171,54	381	2795,38	335
August	5011,8	601	2348,94	282	2662,86	320
September	9911,03	1189	5964,89	716	3946,14	474
Oktoober	12049,1	1446	7234,94	868	4814,16	578
November	12239,72	1469	7721,57	927	4518,15	542
Detsember	12109,47	1453	7542,58	905	4566,89	548
Kokku	121658,12	14599	72027,88	8643	49630,24	5956

Tabelis 3.2 võeti ühe kWh maksumuseks 0,12 eurot. Päeval tarbimise eest maksti 12 kuuga kokku 8643 eurot ja öösel 5956 eurot. Seega kulus aastal 2020 elektrienergia peale ligikaudselt 14599 eurot.

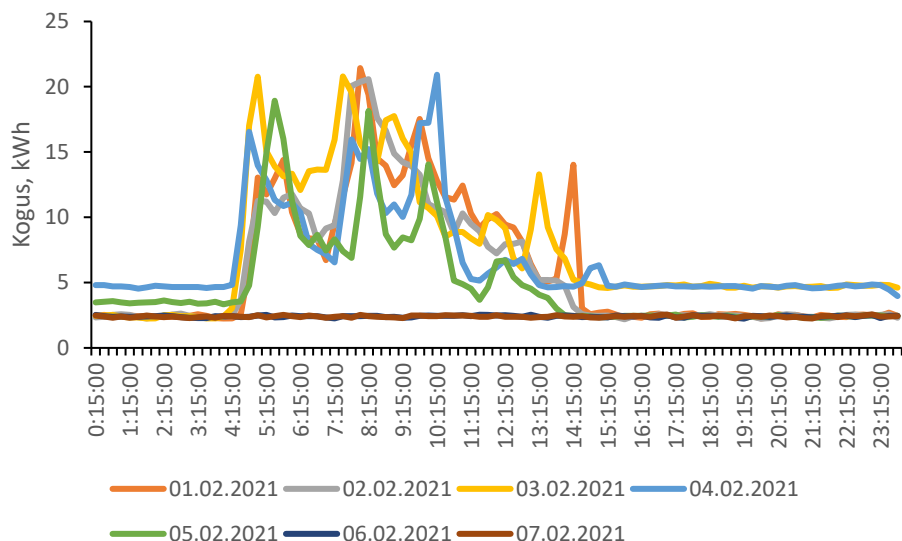


Joonis 3.4. Elektrienergia tarbimine kuupäevadel 01.02.2021-07.02.2021

Murumuna lasteaia elektrienergiatarbimise arusaamiseks on autor toonud välja ühe nädala (joonis 3.4.). Aasta lõikes on tarbimise muster samasugune, ainult muudatustega tarbimise kogustes. Varahommikul hakkab köögis söögitegemine ja ventilatsiooniseadmed lülituvad poolkoormusel sisse, mille tõttu tõuseb tarbimine kuni 45 kilowatt tunnini. Korra tõuseb tarbimine ka pärastlõunal vahemikus 13:00-15:00. Hiljemalt 17:00 püsib tarbimine ühtlaselt madal. Nädalavahetusel jääb tarbimine 10 kilowatt tunni juurde.

3.3.2. Elektritarbimine köögis

Kõige suurem elektritarbimine käib Murumuna lasteaias köögis (joonis 3.5). Köögi tarbimise andmed on võetud Fis Ecoscada keskkonnast. Olles uurinud köögi tarbimist aastal 2020, võib järeldada, et tarbimismuster on nädala lõikes vägagi sarnane. Aastal 2020 oli Murumuna lasteaia köögi elektritarbimise number 40505 kWh.

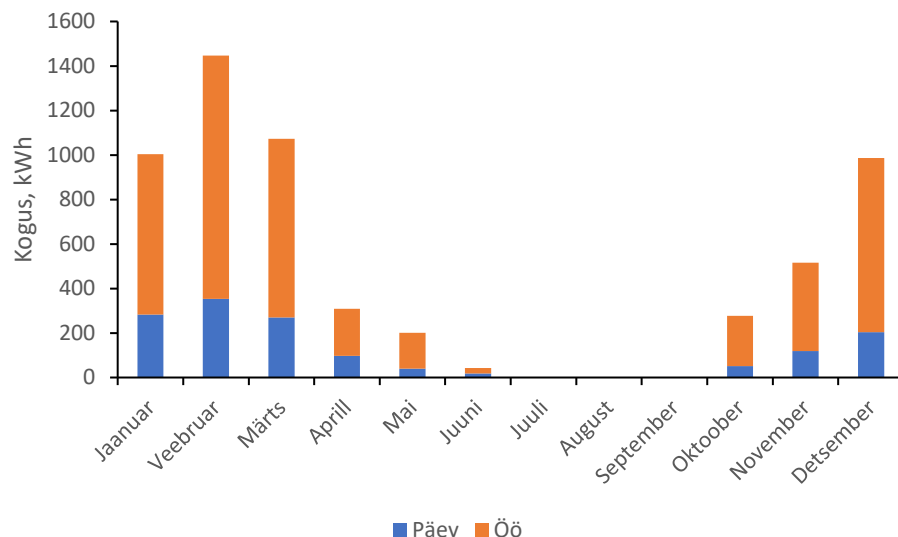


Joonis 3.5. Põrandakütte elektritarbimine vahemikus 01.02.2021-07.02.2021

Nädalase tarbimise juures on näha, et tarbimismuster ei erineva väga palju päevade lõikes. Vahemikul 01.02.2021-07.02.2021 tarbiti elektrit 862,21 kWh. Hommikul kella 05:00-06:00 vahemikus kasvab köögis söögi tegemisega üksi tarbimine 15 kWh kuni 20 kWh vahemikku. Kõrgemad tarbimised on ka kellaaegadel 07:00-09:00 ja 13:00-15:00. Nädalavahetusel püsib elektritarbimine ühtlaselt 2,4 kWh juures.

3.3.3. Põrandakütte elektritarbimine

Põrandaküte on kasutusel kahes Murumuna lasteaia ruumis, loodusõppe ja loovusõppe ruumides. Mõlemad ruumid on pindala järgi 28,56 m² suured, mis teeb põrandaküttega kütmise pindalaks 57,12 m². Aastal 2020 tarbis põrandaküte elektrit 5855 kWh (lisa 4.). Põrandakütte puhul ei saa antud töös läheneda tarbimismustri järgi, kuna tarbimine on seotud otseselt väli- ja sisetemperatuuridega, seega võib tarbimine olla erinev.

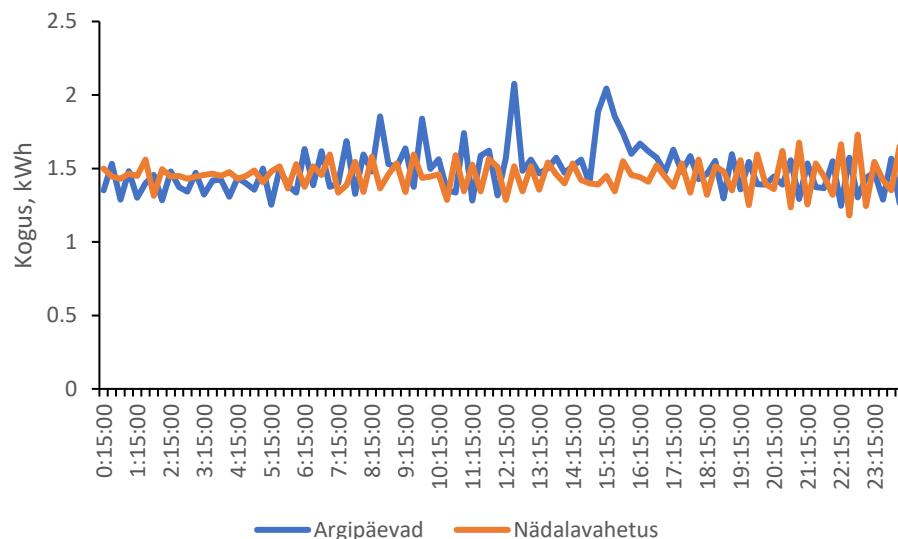


Joonis 3.6. Põrandakütte elektritarbimine aastal 2020.

Külmematel kuudel on põrandakütte elektritarbimine suurem. Aastal 2020 oli veebruaris tarbimine kõige kõrgem, koguni 1446 kWh. Juulis kuni septembris oli tarbimine 0 kWh, kuna suvel pole inimesi majas, siis targem olekski põrandaküte välja lülitada säästmise eesmärgil. Varahommikune kõrgem kütmine seletab ära öise suurema tarbimise. Kuna suurema osa ööst on kütmine madalam, siis tuleb varahommikul kütta põrand vastava temperatuurini, seega on ka tarbimine kõrgem niiöelda öösel. Lisa 5 jooniselt on näha tarbimine aastal 2020 tunnise intervalliga. Termostaat hoiab toa temperatuuri 21°C juures igal ajahetkel, mis on väga kulukas.

3.3.4. Boilerite elektritarbimine

Murumuna lasteaia vanas hoones on kolm elektrilist veeboilerit, kus valmistatakse soe tarbimisvesi. Antud töös vaatame enim elektrit tarbiva boileri andmeid, mis on saadud Fis Ecoscada keskkonnast. Kuna ülejäänud kaks boilerit tarbivad väga vähe elektrit, siis ei ole eesmärgiks neid uurida. Lisa 4 olevas tabelis on näha, et aastal 2020 kasutasid boilerid kokku 13876 kWh elektrit.



Joonis 3.7. Boilerite vahemikus 01.02.2021-07.02.2021 argipäevade ja nädalapäevade keskmine elektritarbimine.

Boileri tarbimise muster on Fis Ecoscada andmetel olnud küllaltki sama aastast 2020 kuni 2021 maini. Vahemikus 01.02.2021-07.02.2021 tarbimismuster (joonis 3.7) ei erine palju teistest nädalatest kahe viimase aasta jooksul. Pidev tarbimine käib 1,5 kWh juures nii argipäevadel kui ka nädalavahetusel. Tarbimine toimub isegi siis, kui lasteaias ei ole inimesi.

3.3.5. Soojusenergia tarbimine

Soojusenergia tarbimise andmed on saadud kauglugemisega arvestilt 2020. aasta jooksul. Nagu ka elektritarbimisel oli võimalik reaalajas tarbimist jälgida, siis seda saab teha ka soojustarbimisega. Kahjuks antud töös pole võimalik Fis Ecoscada andmeid analüüsida, kuna andmed on seal kohati valed ja mingitel kuudel üldse ära kadunud.

Tabel 3.4. Aastal 2020 tarbitud soojusenergia Elva Murumuna lasteaias

Kuu	Tarbimine MWh
Jaanuar	36,28
Veebruar	37,05
Märts	36,73
Aprill	10,85
Mai	10,23
Juuni	3,49
Juuli	2,14
August	1,95
September	7,25
Oktoober	17,92
November	27,76
Detsember	35,77
Kokku	227,42

Soojust tarbiti kõige rohkem veebruari kuul 37,05 MWh. Kõige vähema tarbimisega kuu oli august, kus tarbiti 1,95 MWh soojust. Kokku tarbiti 2020. aastal soojusenergiat 227,42 MWh. Üldiselt on numbrid suuremad talve perioodil ja väiksemad suvel.

Teades soojustarbimise arvu aasta jooksul ning hoone pindala, on võimalik välja arvutada soojusenergia kulu ühe ruutmeetri kohta aastas:

$$Q_2 = \frac{E_{sj}}{S} = \frac{227420}{1937,1} = 117,14 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}} \quad (3.5)$$

kus Q_2 on soojusenergia hulk aastas ruutmeetri kohta kWh/(m²·a)

E_{sj} - tarbitud soojusenergia kWh

3.4. Hoone energiatarbimise tulemuste analüüs

Murumuna lasteaia elektrienergia tarbimine 2020. aastal oli 121658,12 kWh, millest päeval tarbiti 72027,88 kWh ja öösel 49630,24 kWh energiat. See teeb 62,8 kWh suuruse tarbimise ruutmeetri kohta aastas. Võrreldes aastal 2011 tehtud Tartu linna lasteaedade energia tarbimise uuringu kohaselt on samas suurusjärgus köetavate pindade elektritarbimine tunduvalt võiksem võrreldes Murumuna lasteaiaga [33]. Töö autor valis välja tabelis 3.5 sama köetava pinna suuruse järgi lasteaiad ja võrdles neid Murumuna lasteaiaga. Teiste lasteaedade tarbimise andmed on leitud 2008-2010 aasta keskmise järgi.

Tabel 3.5. Murumuna lasteaia võrdlev tarbimine teiste sama köetava pinna suuruste lasteaedadega

Lasteaed	Köetav pind, m ²	Elektritarbimine, kWh/(m ² ·a)
Murumuna	1937,1	62,8
Annike	2087	26,3
Klaabu	2042	63,5
Ploomike	2053	30,9
Poku	2080	13,1

Kui võrrelda tabeli 3.5 elektritarbimisi, siis Murumuna lasteaia tarbimine on kõvasti suurem, kui Klaabu lasteaed välja arvata. Aastas kulub 121658 kWh elektri peale ligikaudu 14599 eurot, kui võtta elektrihinna tariifiks 0,12 senti. Autor leiab, et see on võrdlemisi suur summa ja Murumuna lasteaias tuleks leida mooduseid elektrienergia säästmiseks.

Soojust tarbiti Murumuna lasteaias 2020 aastal 227420 kWh, mis teeb 117,4 kWh suuruse tarbimise ruutmeetri kohta aastas. Liites kokku soojuse tarbimise ja elektri tarbimise ruutmeetri kohta aastas, saame 180,2 kWh/(m²·a). See number on Murumuna hoone energiatõhususarvuks. Eelnevalt töös tabeli 2.1 järgi võib öelda, et hoone kuulub energiaklassi D. Projekti järgi peaks olema tegemist vähemalt B energiaklassi hoonega.

4. ENERGIASÄÄSTU LAHENDUSED

4.1. Põrandakütte termostaadi võimalus

Põrandakütte abil on võimalik saavutada köetavas ruumis ühtlase soojusjaotuse. Temperatuuri hoiab sobivuse piires termostaat. Termostaati saab programmeerida vastavalt kasutaja vajadustele, kas töötab kindlatel aegadel, lülitub välja ööseks jne. Antud töös valis autor paigaldatavaks termostaadiks Themo. Kuna Themo termostaat arvestab kütmisel elektri börsihinnaga ja Tallinna Tehnikaülikooli energeetika teaduskonna läbiviidud teadustöö põhjal leiti, et olenevalt börsihinna kõikumisest on võimalik säästa keskmiselt 32,5% elektrikulust. Termostaat hindab põranda parameetreid, soojuspidavuse ja soojusinerksi, leiab parima aja millal ja missuguse võimsusega elektrienergiat tarbida ja kui kaua olla kütmata, hoides temperatuuri [34]. Termostaadil on olemas kaugjuhtimise võimalus, selleks on vaja wifi ühendust koos internetiga kas siis telefonis või arvutis. Tehes Themo kodulehel kasutaja, on võimalik seadistada seal termostaati ja vaadata elektritarbimist reaalajas. Ühe termostaadi hinnaks 149 eurot [35].

Themo termostaadi tehnilised omadused on järgmised:

- 1) pingel 220-240 V, 50 Hz;
- 2) ooterežiimi voolutarve maksimaalselt 1,8 W;
- 3) maksimaalne koormatavus 16 A / 3000 W pingel 230 V;
- 4) maksimaalne lubatud põranda temperatuur 45°C;
- 5) külmumiskaitse rakendamise seadistamine vahemikku 5°C kuni 12°C (vaikimisi 5°C);
- 6) kasutada 1,5 mm² või 2,5 mm² läbimõõduga kaableid vastavalt voolutarvele;
- 7) mõõdud 70x70x48 mm;
- 8) kaal 120 g;
- 9) esipaneelil üks puutetundlik nupp režiimide vahetamiseks;
- 10) materjal ABS + PC plastik, valge ja läikiv;
- 11) 16 x RGB LED displei [37].

Valitud sai kaks termostaati, mis paigaldati loodusõppe ja loovusõppe ruumidesse 10. märtsil aastal 2021. Themole tehtud uurimistöö järgi peaks olema aasta küttearve vähenemine keskmiselt 32%. Põrandakütteks tarbiti 2020 aastal 5855 kWh elektrienergiat. Võttes keskmiseks elektri hinnaks 0,12 eurot, siis põrandakütteks kulus 702 eurot. Themole tehtud

uurimistöö järgi oleks sääst 32%, mis teeks Murumuna lasteaia puhul 224 eurot. Kahe termostaadi paigaldamise investering tasuks ennast ära 1,3 aastaga.

Energiatarbimise hindamisel, kas on olnud kokkuhoidmist, oleks otstarbekas võrrelda energiatarbimist erinevate perioodide vältel. Kuna põrandakütte kasutamine sõltub väliskliimast, siis tarbimine erinevate aastate vahel pole sama. Seega kraadpäevade oluliseks kasutusalaaks ongi just erinevate aastate välisõhu temperatuuri mõju eemaldamine elektri- või soojustarbimisele. Erinevate aastate välisõhu temperatuuri mõju elimineerimiseks viib autor reaalse aasta elektritarbimise üle normaalaasta tarbimisele. Võtmepiirkonnaks on valitud tartu kraadpäevade määramiseks tasakaalu temperatuuril 17°C. Võrreldatakse aastate 2020 ja 2021 aprilli kuu elektritarbimisi enne Themo termostaati ja pärast. Aastal 2020 aprillis tarbiti 308,08 kWh elektrienergiat ja 2021 aprillis tarbiti 72,46 kWh elektrienergiat. Kraadpäevade info on välja toodud tabelis 4.1, mis on saadud SA KredEx veebilehelt. Hoone paikneb II kraadpäevade piirkonna jaotuses (Tartu) piirkonnas (Tabel 4.1) [36].

Tabel 4.1. II piirkonna tasakaalutemperatuuri ja normaalaasta kraadpäevad [36]

	Tasakaalutemperatuuril kraadpäevad	Normaalaasta kraadpäevad
2020 Aprill	365	359
2021 Aprill	353	

Normaalaasta tarbimise leidmiseks on tuletatud valem [36]:

$$E_N = E_T \cdot \frac{S_N}{S_{teg}}, \quad (4.1)$$

kus E_N on normaalaasta elektritarbimine kWh

E_T - tegeliku aasta elektritarbimine kWh;

S_N - normaalaasta kraadpäevade arv;

S_{teg} - tegeliku aasta kraadpäevade arv.

Normaalaasta elektritarbimine vastavad tulemused olid:

- 2020 aprill – 303,02 kWh
- 2021 aprill – 73,69 kWh

Arvutuse põhjal on tarbimine kukkunud 75,68% võrreldes eelmise aastaga. Töö autori arvates ei ole see tingitud termostaadi vahetusest, vaid võib olla 2021 kogutud andmete viga Fis Ecoscadas.

4.2. Ventilatsioonisüsteemi töö reguleerimine

Antud töös pole eelnevalt analüüsitud ventilatsioonisüsteemi elektritarbimist, kuna arvestil pole vahel eraldi lugejat. Murumuna lasteaias on neli RTEK 1500 seeria ventilatsiooniseadet. SV-1, mis asub uue hoone esimese korruse ventkambris ja teenindab esimest korrust. SV-2, mis asub uue hoone teise korruse ventkambris ja teenindab teist korrust. SV-4, mis asub esimesel korrusel vanas hoones ja teenindab esimest korrust. SV-5 asub vana hoone katusel ja teenindab teist korrust. Uurides seadmete töölemineku aegu ja lõpetamise aegu, leidis töö autor, et seadmed lähevad tööle liiga vara hommikul, kuna nii vara hommikul on lasteaias kohal ainult kokk. Ventilatsiooniseade SV-1 läks tööle 6:00 ja SV-4 läks tööle 5:00. Ventilatsiooni kontrolleritelt sai ventilatsiooniseadmed programmeeritud nii, et seadmed hakkasid tööle 2 tundi hiljem poole koormusega. Programmi sai lisatud ka uus koodi rida, mis lõpetab seadmete töö nädalavahetustel. Täpsemat töörežiimi on näha SV-1 seadme puhul lisades 6 ja 7. Muudatused võtsid aset 10. märtsi lõunal aastal 2021.

Elektrisäästu nägemiseks uurib autor Fis Ecoscada veebikeskkonnas elektri tarbimise muudatusi peatarbimises, kuna ventilatsiooniseadmeid eraldi ei mõõdata. Kuna elektritarbimine on päevade lõikes küllaltki sarnane, siis ventilatsiooniseadmete töö reguleerimine kajastus tarbimise numbrites järgmisel päeval koheselt. Elektrisäästu nägemiseks uurime tarbimist 30 päeva enne ventilatsiooniseadmete programmeerimist ja 30 päeva pärast (tabel 4.2).

Tabel 4.2. Elektri peatarbimine 30 päeva ja 30 päeva pärast ventilatsiooniseadme programmeerimist

	08.02.2021- 10.03.2021	10.03.2021- 09.04.2021
	Tarbimine, kWh	
Päeval	4585,86	3998,72
Öösel	6473,75	6054,5
Kokku	11059,61	10053,22

Elektritarbimise sääst oli kokku 1006,39 kWh. See teeb 9,10% elektritarbimise vähenemist. Kuna peatarbimises võib olla teisi seadmeid, mis kasutasid vähem elektrienergiat, siis 9,10% vähenemine ei pruugi kõik olla just ventilatsiooniseadmete muudatustest.

4.3. Elektriboilerid

Eelnevalt elektriboileri analüüsis on näha, et vee soojendamine käib pidevalt nii päeval, öösel kui ka nädalavahetustel. Siinkohal annab töö autor soovitusi boilerite suhtes. Tuleks kindlaks teha, kas arvesti on õiges kohas ning mõõdab ainult boileri tarbimist. Kui mõõdab õigesti, tuleb kindlaks teha, kas boiler ise töötab korrektselt ja ei ole kusagil lekkeid. Boilerite teel vee soojendamine on kallid, seega tuleks majahaldajal mõelda boilerite kaotamisele ja hoone vana osa sooja tarbevee valmistamine teha tsentraalselt soojussõlmes, nagu seda tehakse uue hoone osas.

KOKKUVÕTE

Euroopa ja sealhulgas ka Eesti on võtnud eesmärgiks, et energiatõhusate hoonete osakaal muutuks järgmiste aastakümnetega märgatavalt. Seega on hoonetele ette seatud sihid, mis energiatõhususe suunas nad peavad suunduma. Üldiselt on hooned muutunud palju energiatõhusamaks.

Käesoleva bakalaureuse töö eesmärgiks oli analüüsida Elva Murumuna lasteaia energiatarbimist ja tulemuste põhjal proovida ja pakkuda lahendusi säästmiseks. Töö autor üritas leida just odavaid lahendusi säästvamaks energiakasutuseks, et vähendada osakaalu ebavajalikus energiatarbimises.

Hoone analüüsimises selgus, et enim tarbivad elektrit hoones köök, ventilatsiooniseadmed, boilerid ja põrandaküte. Lasteaiale arvatud elektritarbimiseks saadi 62,8 kWh ruutmeetri kohta aastas ja soojusenergia tarbimiseks 117,4 kWh ruutmeetri kohta aastas. Liites kokku soojuse tarbimise ja elektri tarbimise ruutmeetri kohta aastas saame 180,2 kWh/(m²·a). See number sai Murumuna hoone energiatõhususarvuks. Tehtud töö põhjal võib öelda, et hoone kuulub energiaklassi D. Projekti järgi peaks olema tegemist vähemalt B energiaklassi hoonega.

Töö autor pakub välja erinevad odavad viisid energia säästmiseks ja rakendab neid hoones. Elektrienergia tarbimise vähendamiseks autor kasutab põrandakütte juhtimiseks targemat termostaati Themo, mis kasutab elektrienergiat madaltariifidega aegadel, jälgides börsi hinda. Ventilatsiooniseadmete töö programmeerimine aegadele, mil inimesed hoones aktiivsed on. Boileri süsteemi kaotamine oleks pikemas perspektiivis töö autori arvates õige, asendades see tsentraalse soojasõlmega. Arvutuste põhjal leiti, et ventilatsiooniseadmete programmeerimine õigustas ennast ära, termostaadi vahetusel ei saanud töö autor selles kindel olla, kuna Fis Ecoscada andmed tuleks üle kontrollida. Kokkuvõttes saab järeldada, et väga odavatel viisidel on võimalik viia energiatarbimist märkimisväärselt alla poole.

KIRJANDUS

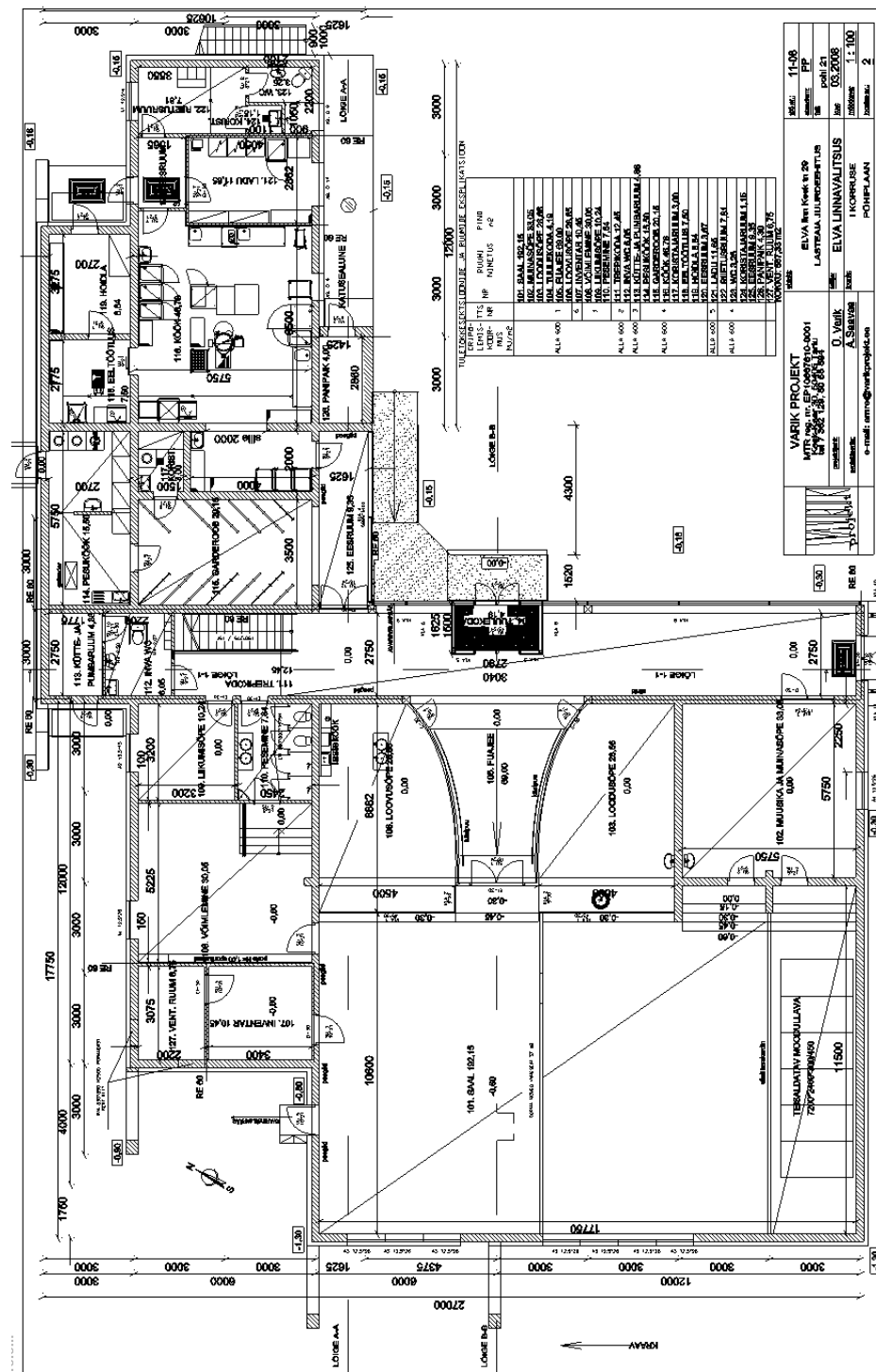
1. IEA (International energy agency). Data and statistics. <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=TFCShareBySector> (19.03.2021)
2. IEA. World energy balances: overview (01.07.2020) <https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview> (05.04.2021)
3. 2030 climate & energy framework (01.09.2020). European commission. https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en (05.04.2021)
4. Global energy statistical yearbook 2020. Consumption breakdown by country. (2020) - Enerdata. [WWW] <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html> (05.04.2021)
5. Energeetika. Energeetika, energia, taastuvenergia, elekter. *Statistikaamet* [WWW] <https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/valdkonnad/energia-ja-transport/energeetika> (19.03.2021)
6. Elering AS. Eesti elektrisüsteemi tarbimishinnade rahuldamiseks vajaliku tootmisvaru hinnang. (2015). [WWW] https://elering.ee/sites/default/files/public/Tootmispiisavuse_aruanne_2015.pdf (06.04.2021)
7. Eesti Energia AS. Eesti Energia lays cornerstone for Auvere power plant. (04.05.2012) [WWW] https://www.energia.ee/en/uudised/avaleht/-/newsv2/news_04052012_electricity (06.04.2021)
8. Postimees Majandus. Energiasõltumatus on ajalugu: Eestist sai elektri netoimportija. (25.06.2019) [e-ajakiri] <https://majandus24.postimees.ee/6738108/energiasoltumatus-on-ajalugu-eestist-sai-elektri-netoimportija> (06.04.2021)
9. Eesti statistikaamet. Eesti elektritootmine liigub keskkonnasõbralikus suunas. (02.09.2020)- *Statistikaamet*. [WWW] <https://www.stat.ee/et/uudised/eesti-elektritootmine-liigub-keskkonnasobralikus-suunas> (19.03.2021)
10. **Riispapp J.** (2021). Eesti elektritootang kukkus paari aastaga poole võrra. [e-ajakiri] <https://majandus24.postimees.ee/7157778/eesti-elektritootang-kukkus-paari-aastaga-poole-vorra> (06.04.2021)
11. Elering AS. Elektrisüsteemi ülevaade mai 2020. (16.06.2020) [WWW] <https://elering.ee/elektrisusteemi-ulevaade-mai-2020> (15.04.2021)
12. Enefit Green. Energia tootmine. [WWW] <https://www.enefitgreen.ee/et/energia-tootmine> (19.03.2021)

13. ETEK (Eesti taastuvenergia koda). Taastuvenergia aastaraamat. (2019). [WWW] http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2020/10/ETEK_aastaraamat_A4_2019_veeb.pdf (15.04.2021)
14. **Krjukov A.** (30.01.2021). Elektrilevi: mullune elektritarbimine langes 2016. aasta tasemele. [e-ajakiri] <https://www.err.ee/1608092410/elektrilevi-mullune-elektritarbimine-langes-2016-aasta-tasemele> (15.04.2021)
15. Elering AS. Elektrituru käsiraamat. [WWW] <https://elering.ee/elektrituru-kasiraamat> (15.04.2021)
16. O3 technology OÜ. Ülevaade energiatõhususest. [WWW] <https://o3.ee/ulevaade-energiatohususest/> (15.04.2021)
17. MKM (Majandus- ja Kommunikatsiooni Ministeerium). Hoonete energiatõhusus. [WWW] <https://www.mkm.ee/et/eesmargid-tegevused/ehitus-ja-elamumajandus/hoonete-energiatohusus#kes-peab-tagama-et-hoonel-oleks-energiamrgis3> (23.04.2021)
18. Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele. Lisa 3. (vastu võetud 30.04.2015, viimati jõustunud 10.07.2020). – *Riigi Teataja* https://www.riigiteataja.ee/akt/1070/7202/0013/Lisa_3.pdf (15.04.2021)
19. Hoone energiatõhususe miinimumnõuded. (vastu võetud 11.12.2018, viimati jõustunud 10.07.2020) – *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/113122018014?leiaKehtiv> (15.04.2021)
20. **Kalamees T., Tark T.** (2012) Madalenergia- ja liginullenergiahoone kavandamine. Juhend väikeelamute projekterijale, ehitajale ja tellijale. [WWW] <https://kredex.ee/sites/default/files/2019-03/Madalenergia-%20ja%20liginullenergiahoone%20kavandamine.%20Juhend%20väikeelamute%20projekt eerijale,%20ehitajale%20ja%20tellijale.pdf> (26.04.2021)
21. Hoone energiatõhususe miinimumnõuded Lisa 2. (vastu võetud 11.12.2018, viimati jõustunud 10.07.2020) – *Riigi Teataja* https://www.riigiteataja.ee/akt/1070/7202/0011/MKM_m63_lisa2.pdf#
22. Passipedia. (2020). What is a passive house? [WWW] https://passipedia.org/basics/what_is_a_passive_house (26.04.2021)
23. **Mägi R.** (2019). Spetsialist teeb puust ja punaseks: energiatõhusus ei tähenda ainult väikest küttearvet. [WWW] <https://rohe.geenius.ee/rubriik/pikk-lugu/spetsialist-teeb-puust-ja-punaseks-energiatohusus-ei-tahenda-ainult-vaikest-kuttearvet/> (03.03.2021)
24. Active for more comfort: Passive House. (2018). Darmstadt: International Passive House Association. 12 lk.
25. **Peterson K., Torcellini P., Grant R.** (2015). A common definition for zero energy buildings. U.S. Department of Energy. [WWW]

- https://www.energy.gov/sites/default/files/2015/09/f26/bto_common_definition_zero_energy_buildings_093015.pdf (10.03.2021)
26. **Pless S., Torcellini P.** (2010). Net-zero energy buildings: a classification system based on renewable energy supply options. U.S: National Renewable Energy Laboratory. <https://www.nrel.gov/docs/fy10osti/44586.pdf> (10.05.2021)
 27. **Kosonen. A, Keskisaari A.** (2020). Zero-energy log house – Future concept for an energy efficient building in the Nordic conditions. [WWW] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778820305429?via%3Dihub> (10.05.2021)
 28. Maaamet. Satelliitpilt Murumuna Lasteaiast. <https://fotoladu.maaamet.ee/?basemap=hybriidk&zlevel=14,26.41646,58.22248&overlay=aasta&valik=2021&sideoff> (13.05.2021)
 29. Elektrilevi OÜ. Kauglugemine. [WWW] <https://www.elektrilevi.ee/abiinfo/naidud-ja-kauglugemine> (16.05.2021)
 30. Weber. Tapp-liitega Fibo standardplokk. [WWW] https://www.ee.weber/fibo-plokitooted-ja-korsten/fibo-plokitooted/tapp-liitega-fibo-standardplokk#tab-tehnilised_andmed (14.05.2021)
 31. Estplast. EPS 60 Fassaad. [WWW] <https://estplast.ee/est/eps-60-fassaad/> (14.05.2021)
 32. Ehitusfüüsika õppematerjalid. Soojapidavuse alused. [WWW] <http://ehitusfyysika.edicypages.com/soojusfuusika/piirdekonstruktsioonide-soojusjuhtivus> (14.05.2021)
 33. Tartu linna hoonete energiatarbimise ja sisekliima uuringu esimese etapi aruanne. (2011). Tartu: Tartu regiooni energiaagentuur. https://static-pdf.aripaev.ee/i1f3S3tvCOA7DDWL_-RxG95EijY.pdf (19.05.2021)
 34. Potential impact of energy cost optimization for electrical floor heating systems under day ahead spot electricity prices and user set comfort levels. (2017). Tallinn: Tallinna Tehnika ülikool. <https://themo.io/files/public/article.pdf> (05.03.2021)
 35. Themo. Themo tark termostaat. [veebileht] <https://themo.io/pood/termostaat/themo-termostaat/> (05.03.2021)
 36. Kredex. Tööriistad energiatohususe mõõtmiseks: Kraadpäevad. [WWW] <https://kredex.ee/et/energiatohusus/tooriistad-energiatohususe-mootmiseks> (13.05.2021)

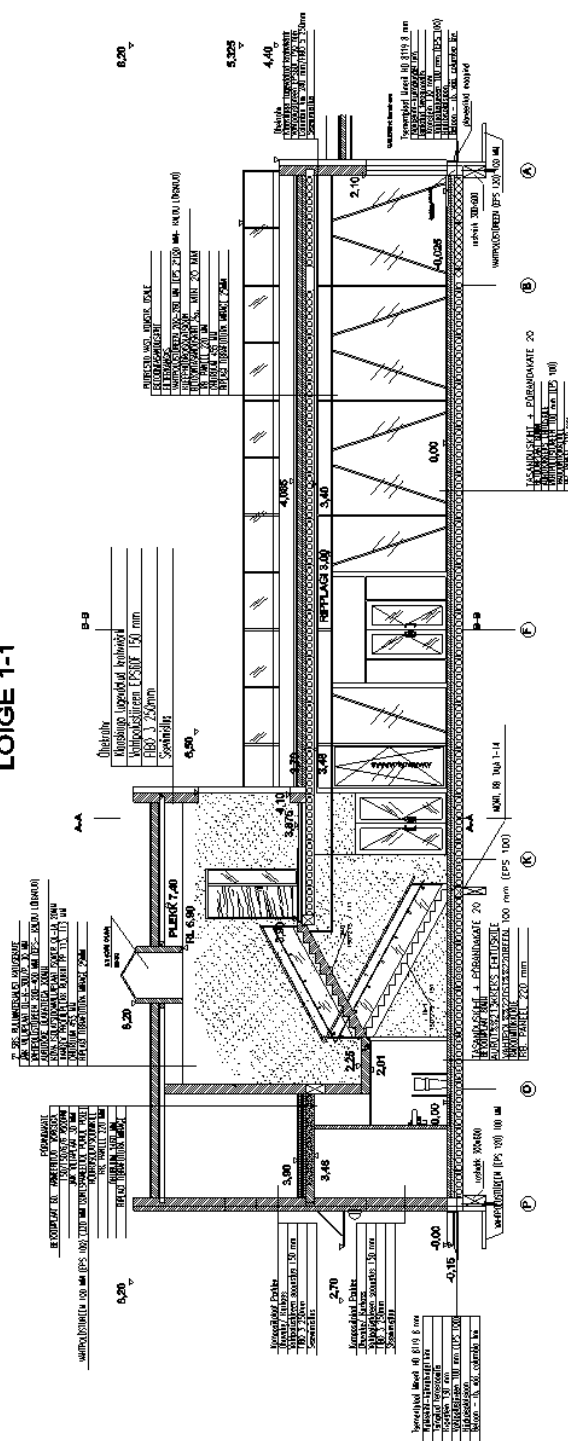
LISAD

Lisa 1. Uue hoone esimese korruse asendiplaan



[illegible]

LOIGE 1-1

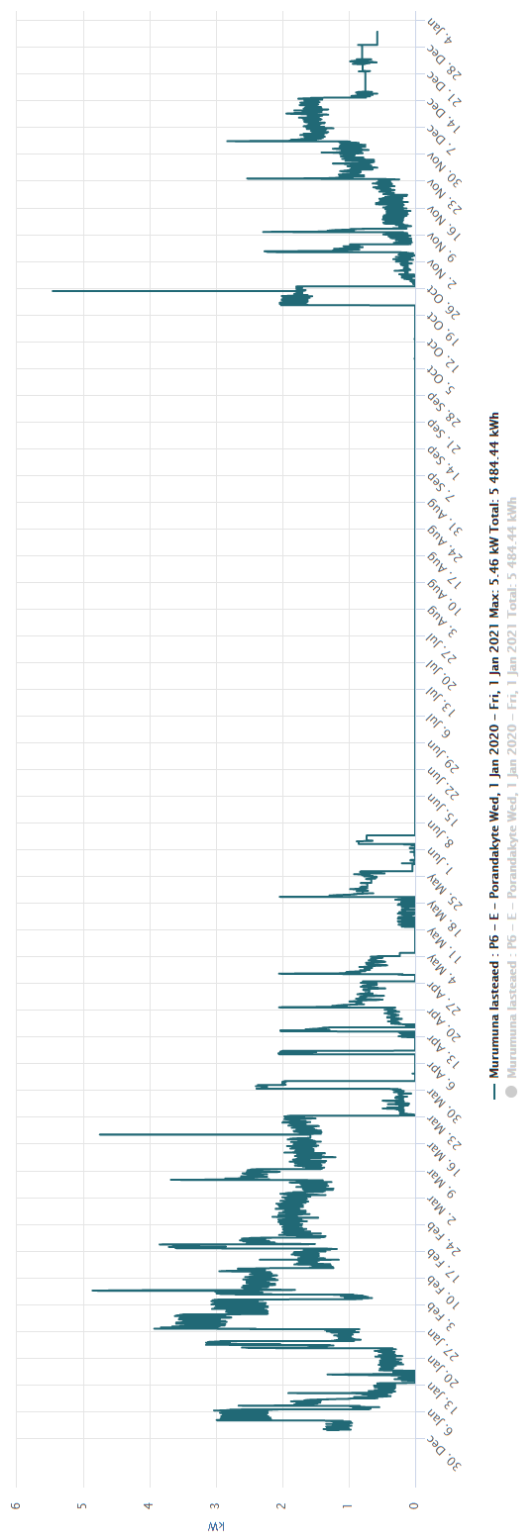


<p>VARIK PROJEKT MTR reg. nr. EP-1087270-0001 Kõnekoostaja: K. KESKISE, J. KUPU</p>	<p>ELVA Inn Kasak nr 28 LASTEAVA JÄURDEEHTUS</p>	<p>06.04.21</p>	<p>11-08</p>
<p>koostaja</p>	<p>ELVA LINNAVALITSUS</p>	<p>03.0009</p>	<p>pp</p>
<p>koostaja</p>	<p>NOONE LOIGE 1-1</p>	<p>1007-02</p>	<p>06.04.21</p>
<p>koostaja</p>	<p>NOONE LOIGE 1-1</p>	<p>1007-02</p>	<p>06.04.21</p>

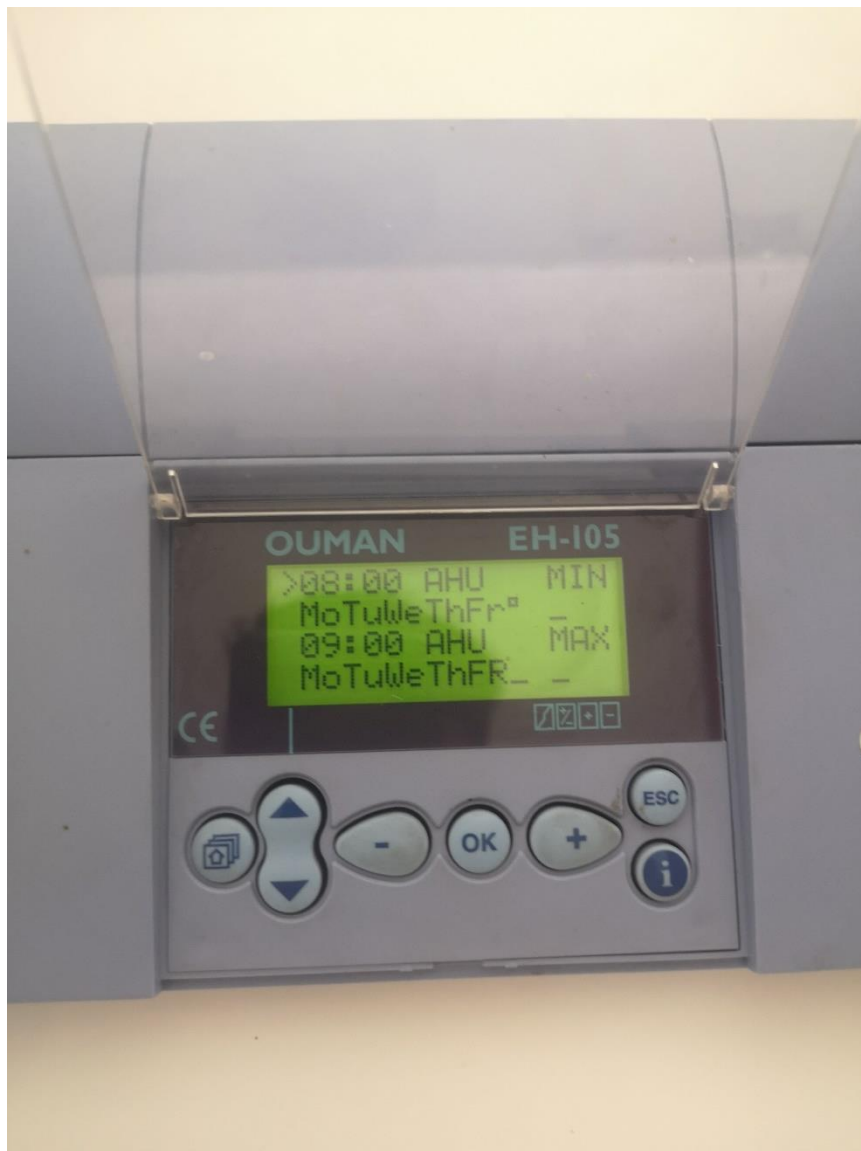
Lisa 4. Köögi, põrandakütte ja boilerite elektritarbimise kogused

Kuu	Köök			Põrandaküte			Boilerid		
	Tarbimine, kWh		Ööpäeva tarbimine, kWh	Tarbimine, kWh		Ööpäeva tarbimine, kWh	Tarbimine, kWh		Ööpäeva tarbimine, kWh
	Päev	Öö		Päev	Öö		Päev	Öö	
Jaanuar	2157,55	3453,64	5611,18	282,63	721,66	1004,29	449,61	921,35	1370,96
Veebruar	2012,93	3886,56	5899,49	353,84	1092,77	1446,61	382,88	883,6	1266,48
Märts	1924,13	3689,43	5613,56	270,52	801,80	1072,32	354,5	1059,7	1414,2
Aprill	647,70	884,92	1532,62	97,07	211,02	308,09	275,23	746,84	1022,07
Mai	786,56	147,65	934,21	39,11	162,08	201,19	300,83	798,42	1099,25
Juuni	1196,98	2348,99	3545,97	18,71	24,34	43,05	276,75	780,78	1057,53
Juuli	771,00	1240,49	2011,49	0,00	0,00	0,00	282,72	740,55	1023,27
August	466,55	1043,47	1510,02	0,00	0,00	0,00	238,78	709,35	948,13
September	1544,84	1974,90	3519,74	0,00	0,00	0,00	388,59	820,83	1209,42
Oktoober	1621,73	2029,56	3651,29	50,66	227,13	277,79	408,82	745,51	1154,33
November	1522,12	1916,71	3438,84	118,69	397,18	515,87	405,6	749,57	1155,17
Detsember	1130,58	2106,27	3236,85	203,15	783,55	986,70	345,45	810,42	1155,87
Kokku	15782,66	24722,60	40505,26	1434,38	4421,53	5855,91	4109,76	9766,92	13876,68

Lisa 5. Põrandakütte elektritarbimine aasta 2020 jooksul



Lisa 6. Ventilatsiooniseadme SV-1 programmeerimine uutele aegadele



Lisa 7. Ventilatsiooniseadme SV-1 programmeerimine uutele aegadele



Lisa 8. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Martin Bluum,

sünniaeg 25.09.1997,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö „Energiatarbimise tõhustamise uuring Elva vallas Murumuna lasteaias“,

mille juhendajateks on Alo Allik ja Siim Meeliste,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor Martin Bluum

(allkiri digitaalselt)

Tartu, 28.05.2021

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Juhendajad: Alo Allik, Siim Meeliste

(allkirjastatud digitaalselt)